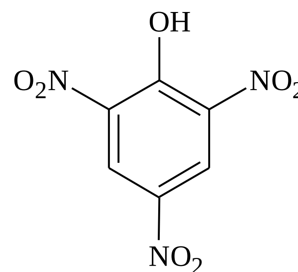
Pikrinsäure

Dieses Modul umfasst 50 % der schriftlichen Abiturprüfung.

Aufgaben

Pikrinsäure ist der Trivialname für 2,4,6-Trinitrophenol.



Pikrinsäure

1 Pikrinsäure wird über Sulfonierung von Phenol zu Phenol-2,4-disulfonsäure und anschließende Behandlung mit Salpetersäure hergestellt (Material 1).

1.1 Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus für die Sulfonierung inklusive der mesomeren Grenzstrukturen (Stufe 1).

(4 BE)

1.2 Diskutieren Sie die dirigierende Wirkung der Hydroxygruppe im Phenol anhand von mesomeren Grenzstrukturen.

(4 BE)

1.3 Bei der Synthese reagieren 142,36 g Phenol mit w(X) = 99,50 % zu 254,35 g Pikrinsäure mit w(X) = 99,00 %. Berechnen Sie die Ausbeute der Gesamtreaktion.

Hinweis: Die molare Masse von Pikrinsäure beträgt M(X) = 229,10 g/mol.

(3 BE)

2 Pikrinsäure ist ein Feststoff. Aufgrund der Säurestärke der Pikrinsäure wird ihre alkoholische Lösung mit einem Massenanteil w(X) = 5,0 % zum Ätzen von Metalloberflächen eingesetzt.

2.1 Pikrinsäure ist in Wasser nur schwer, in einem Alkanol wie Ethanol allerdings leicht löslich. Erklären Sie diese Eigenschaft.

(3 BE)

2.2 Es soll eine Lösung von Pikrinsäure in Ethanol mit w(X) = 5,00 % hergestellt werden. Ethanol hat eine Dichte von $\rho(C_2H_5OH)$ = 0,790 g/cm^3.
Berechnen Sie die Masse an reiner Pikrinsäure, die zu 250 mL Ethanol gegeben werden muss.

(4 BE)

2.3 Begründen Sie die Unterschiede in der Säurestärke von Pikrinsäure (pK_S = 0,29) und Phenol C_6H_5OH (pK_S = 9,99).

(3 BE)

Name, Vorname: ____

3 Die gelbe Pikrinsäure (P) reagiert mit Anthracen (A) zum roten Farbstoff Anthracenpikrat (AP). Es handelt sich um eine Gleichgewichtsreaktion: $A + P \rightleftharpoons AP$.

3.1 Zunächst soll die Farbe der Pikrinsäure untersucht werden.
Erklären Sie mithilfe des UV-VIS-Spektrums (Material 2) und anhand der Strukturformel die gelbe Farbe der Pikrinsäure.

(3 BE)

3.2 Löst man jeweils 0,0100 mol Anthracen und 0,0100 mol Pikrinsäure in Chloroform und füllt auf ein Volumen von einem Liter auf, so erhält man nach Einstellung des Gleichgewichts 224 mg Anthracenpikrat (M(AP) = 407 g/mol).
Berechnen Sie anhand dieser Daten die Gleichgewichtskonstante K_c der Reaktion.

(4 BE)

3.3 Ein Abkühlen der entstandenen Lösung führt zu einer Vertiefung der roten Farbe, während Erwärmung eine Aufhellung zur Folge hat.
Erklären Sie diese Beobachtung.

(4 BE)

4 Pikrinsäure wird auch in der Lebensmittelanalytik eingesetzt, und zwar zur Bestimmung des Kreatingehalts. Kreatin ist ein Stoff, der in Wirbeltieren zur Versorgung der Muskeln mit Energie beiträgt. Daher findet sich Kreatin vor allem in Fleischprodukten.

4.1 Zur Bestimmung von Kreatin in einer Fleischprobe wird diese zunächst mit Säure versetzt, sodass das Kreatin in Kreatinin umgewandelt wird (Material 3).
Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus für die säurekatalysierte Umwandlung von Kreatin in Kreatinin.

(4 BE)

4.2 In einer der Umwandlung von Kreatin in Kreatinin folgenden Reaktion kommt die Pikrinsäure zum Einsatz. Diese reagiert mit Kreatinin zu einem farbigen Anion, das mittels Fotometrie quantitativ analysiert werden kann.

4.2.1 In der Fotometrie kommen bevorzugt Zweistrahlfotometer zum Einsatz.
Zeichnen und beschriften Sie den Aufbau eines Zweistrahlfotometers als Blockschaltbild und erläutern Sie den Vorteil gegenüber einem Einstrahlfotometer.

(5 BE)

4.2.2 Erläutern Sie die Notwendigkeit der Aufnahme eines Absorptionsspektrums („Wellenlängenscan“) vor der quantitativen fotometrischen Bestimmung.

(2 BE)

4.2.3 Von einem Stück Rindfleisch wurden fünf Proben zu je 20,0 g entnommen. Diese wurden auf ihren Kreatingehalt hin untersucht. Es ergaben sich die in Material 4 dargestellten Ergebnisse.
Berechnen Sie Mittelwert und Standardabweichung des Kreatingehalts in g/kg Rindfleisch und geben Sie das Ergebnis statistisch korrekt an.
Erläutern Sie die Bedeutung der Standardabweichung für Messungen.

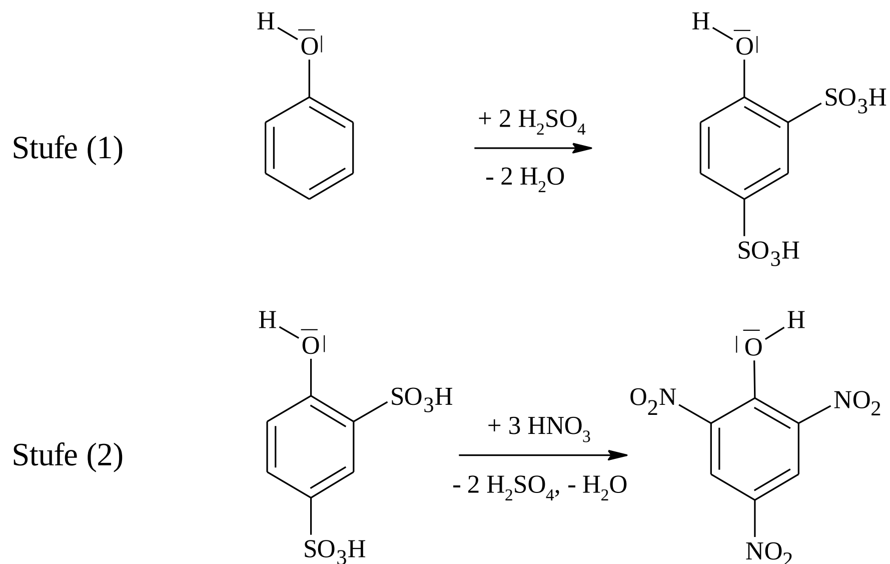
(4 BE)

5 Pikrinsäure ist ein explosionsgefährlicher Stoff, der noch im ersten Weltkrieg zum Befüllen von Granaten eingesetzt wurde. Später wurde die Pikrinsäure jedoch durch in der Handhabung sicherere Sprengstoffe abgelöst. 2019 machte Pikrinsäure wegen ihrer Explosionsgefährlichkeit dennoch Schlagzeilen (Material 5).
Geben Sie drei mögliche Auslöser für eine Explosion der Pikrinsäure an.
Fassen Sie die Problematik zusammen, die sich im Zusammenhang mit der Lagerung von Pikrinsäure ergibt.

(3 BE)

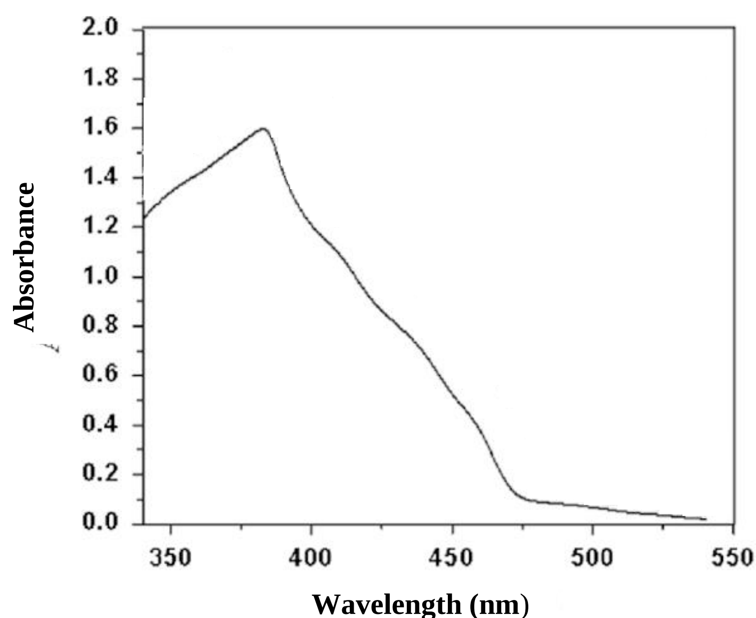
Material 1

Synthese von Pikrinsäure



Material 2

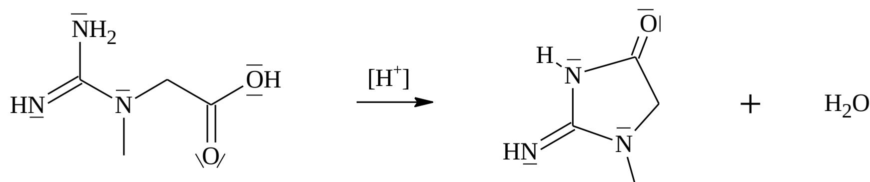
UV-VIS-Spektrum von Pikrinsäure



https://www.researchgate.net/publication/272017156_Synthesis_and_spectrophotometric_studies_of_charge_transfer_complexes_of_benzamide_with_picric_acid_in_different_polar_solvents (abgerufen am 17.08.2020).

Material 3

Umwandlung von Kreatin in Kreatinin



Material 4

Bestimmung des Kreatingehalts in verschiedenen Rindfleischproben

Probe	1	2	3	4	5
Masse in g	0,090	0,093	0,089	0,087	0,091

Material 5

Seniorin bringt hochexplosive Säure zur Schadstoffsammlung

Schon Reibung kann Pikrinsäure zum Explodieren bringen – entsprechend groß war die Aufregung, als nun eine 71-Jährige mit einem ganzen Behälter damit beim Schadstoffhof auftauchte. Glücklicherweise hatte ein geschulter Mitarbeiter der mobilen Annahmestelle in Hamburg die Gefahr umgehend bemerkt und Alarm ausgelöst, wie die Polizei mitteilte. Um das Auto im Stadtteil Hoheluft wurde ein Sperrkreis von 150 Metern eingerichtet. Mehrere Geschäfte wurden geräumt. Spezialisten des Landeskriminalamts untersuchten den Behälter anschließend in schwerer Schutzkleidung und ließen ihn abtransportieren. (…)
Pikrinsäure wird in Apotheken als Nachweisreagenz verwendet und wurde früher unter anderem auch im schulischen Chemieunterricht eingesetzt. Wenn die Säure eintrocknet, kann sie etwa durch Erwärmung oder einen Schlag detonieren. Deshalb muss sie stets in Behältern mit Wasser gelagert werden – dann besteht keine akute Gefahr.

https://www.spiegel.de/panorama/hamburg-seniorin-bringt-hochexplosive-saeure-zum-schadstoffhof-a-1277728.html (abgerufen am 29.03.2020).